

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Rekonstrukce formy na vstřikování plastů

Reconstruction of a Mould for an Injection Moulding

Student:

Jakub Andrásek

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.

OSTRAVA 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb.- autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst.3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce.
- souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřou licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla naloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č.111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

Jakub Andrýsek

Jakub Andrýsek

Hradská 33

Střílky 768 04

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ANDRÝSEK, J. *Rekonstrukce formy na vstřikování plastů*. Ostrava: Katedra částí a mechanismů strojů, Fakulta strojní, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 37 s. Bakalářská práce, vedoucí Pišťáček, D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem formy určené k výrobě plastové cívky. Tato cívka je součástí bezpečnostních pásů v dopravních prostředcích. V jednom cyklu jsou vytvořeny dvě cívky. V úvodu práce jsou probírány vlastnosti plastu, z něhož je vyráběna cívka. V hlavní části bakalářské práce byl proveden výpočet odebrané tepelné energie v jednom cyklu, díky systému chlazení uvnitř formy, výpočet nosníku (určeného k přenášení formy) metodou MKP a analyticky, výpočet vyhazovačů na vzpěr. Výkresová dokumentace obsahuje sestavu celé formy a výrobní výkres rámu tvárnic vymodelovaný v 3D softwaru AUTODESK INVENTOR. V tomto programu byly vytvořeny také videozáznamy, které jsou v příloženém CD.

ANNOTATION OF THESIS

Andrýsek, J. *Reconstruction of a Mould for an Injection Moulding*. Ostrava: Institut parts of machines and mechanisms, Faculty of Mechanical Engineering, VSB-Technical University of Ostrava, 2009, 37 p. Bachelor thesis, head of thesis Pišťáček, D.

Bachelor's thesis describes the design forms for the manufacture of plastic coils. This coil is part of safety belts in vehicles. In one cycle is made two coils. At the beginning of the work are discussed the characteristics of plastic, which of is manufactured coil made. In the main part of work we calculate the thermal collected energy in one cycle through the cooling system inside the forms, the calculation of the beam (for the transfer form) using FEM and analytically metod, the calculation of the ejector on props. Drawing contains entire set of form and manufacturing drawings frame modeled in 3D software, AUTODESK INVENTOR. In that program was also created videos, which are attached on CD.

OBSAH:

1. ÚVOD.	7
2. TEORETICKÁ SPECIFIKACE PLASTU	9
2.1 Plast	9
2.2 Vznik plastu	9
2.3 Základní technologie zpracování plastů	9
2.3.1 Vstřikování plastů	10
2.3.2 Vstřikovací cyklus	11
2.3.3 Popis jednotlivých časů vstřikovacího cyklu	12
2.3.4 Faktory ovlivňující vlastnosti a kvalitu vstřiku	13
2.3.5 Vstřikovací stroje	15
2.3.6 Vstřikovací forma	17
2.4 Vlastnosti plastových výrobků	19
2.5 Dělicí rovina tvarovacích nástrojů	19
3. VÝPOČET NOSNÍKU NA OHYB	20
3.1 Analytický výpočet	21
3.2 Výpočet metodou MKP	22
4. KONTROLA ZDVIHACÍHO ŠROUBU	24
5. KONTROLA BOČNÍCH ŠROUBŮ	26
6. VÝPOČET VYHAZOVAČŮ NA VZPĚR	28
7. CHLAZENÍ FORMY	31
7.1 Výpočet odebrané tepelné energie za jeden cyklus	31
7.2 Rychlost chladicí kapaliny	31
7.3 Cenové náklady na chlazení	32
8. KONTROLA PŘÍTLAČNÉ SÍLY	33
9. ZÁVĚR	35
10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	36
11. PŘÍLOHY	37

Seznam použitého značení:

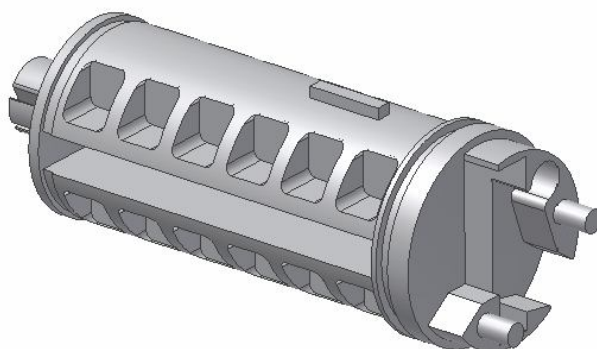
a	výška výronku	[mm]
b	šířka nosníku	[mm]
b_v	vzdálenost mezi výronkem a cívkou	[mm]
c	měrná tepelná kapacita vody	[$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]
c_v	cena vody včetně DPH pro rok 2009	[Kč/m ³]
d_2	roztečný průměr	[mm]
d_3	nejmenší průměr závitu	[mm]
d_{P1}	průměr prvního prvku	[mm]
d_{P2}	průměr druhého prvku	[mm]
d_{P3}	průměr třetího prvku	[mm]
E	modul pružnosti v tahu	[Pa]
F_Z	zavírací síla při zavření formy	[kN]
f_z	tření v závitu	[-]
g	gravitační zrychlení	[-]
h	výška nosníku	[mm]
i	počet vyhazovačů	[-]
l	vzdálenost mezi podpěrami	[mm]
l_1	délka prvního prvku	[mm]
l_2	délka prvního prvku	[mm]
l_3	délka prvního prvku	[mm]
m	hmotnost formy	[kg]
P	rozteč	[-]
p	celkový tlak k vytažení výrobku	[Mpa]
r	poloměr díry pro chlazení	[mm]
r_1	poloměr cívky	[mm]
r_2	poloměr výronku	[mm]
ΔT	rozdíl teplot koncové od počáteční	[K^{-1}]

t_t	doba toku vody	[s]
t_2	doba vyhození a složení do počáteční polohy	[s]
t_V	doba vstřikování	[s]
t_D	doba dotlaku	[s]
t_P	doba plastikace	[s]
t_{CH}	doba chlazení	[s]
V	objem vody	[dm ³]
$\sigma_{D,O}$	dovolené napětí v ohybu	[MPa]
α	úhel metrického závitu	[°]
μ	součinitel pro tento případ	[-]
π	Ludolfovo číslo	[-]
p_V	tlak vstřikovacího stroje	[Mpa]

1. ÚVOD:

Od doby, kdy lidé přišli na výrobu plastu věděli, že objevili materiál s maximální využitelností v mnoha oborech a nepřeborném množství případů. Mezi tyto případy patří vše od hrotů špiček na šípkách, lego stavebnic přes výrobu pet láhví, počítačových komponentů až po automobilový průmysl, jako jsou například různé kryty, palubní desky a nádržky na kapaliny. Mezi jeho hlavní výhody patří malá hmotnost, velmi dobrá pružnost, relativně velká pevnost, nízká cena, lehká obrobitelnost, antikorozivost a v dnešní době i jeho dostupnost.

Tento materiál je využit i pro výrobu cívky, která se používá na bezpečnostní pásy dopravních prostředků. Na tuto cívku je nasazen buben, na který se namotává pás a železná zarážka se zuby. Tato zarážka se sama vytáhne při překročení určité odstředivé síly vznikající rychlým zatáhnutím za pás, a zasekne se do protikusu.



Obr.1.1: Cívka

Tato práce se zabývá formou na výrobu cívky pro tento typ využití. Jelikož jde o sériovou výrobu, jiný způsob výroby by nebyl ideálnější, než využitím vstřikovací formy. V jednom cyklu jsou vyrobeny dvě stejné cívky včetně vtokového systému, který je pak odřezán. Forma je rozdělená na jednu pevnou a dvě pohyblivé části. Pomocí vstřikovacího stroje je vstříknutá plastická hmota o teplotě 280°C do tvarovací dutiny. Následně je zchlazena, pohyblivá část formy se rozevře a využitím vyhazovačů je výrobek vysunut.

Důvodem rekonstrukce byl nový tvar dutin v čelistech, tvárníku a tvárnice. Z důvodu ztuhnutí materiálu v některých částech dutin a následnému nevyplnění celého objemu, vznikaly poměrně často zmetky. Na začátku práce jsou obsaženy informace týkající se plastů, jejich vznik, vlastnosti a zpracování. V práci je také podrobně rozepsaný princip výroby. Co se týče výpočtové části práce, bylo počítáno napětí v nosníku určeného k přenášení této formy, včetně kontroly šroubů. Výpočet byl proveden jak analyticky, tak metodou MKP v softwarovém programu ANSYS WORKBENCH. Dále byla počítána štíhlost vyhazovačů a následná vzpěrová bezpečnost. Důležitou částí výpočtu je také chlazení formy, kde byla zjištěna odebraná tepelná energie za jeden cyklus. Na závěr byl proveden kontrolní výpočet bezpečnosti přítláčné síly.



Obr.1.2: Vstřikovací stroj

2. TEORETICKÁ SPECIFIKACE PLASTU

2.1 PLAST

[2]

Plasty organického původu jsou z přírodních anebo syntetických živin s přísadami na změkčení, barvení apod. Mají hodně výhod v porovnání s neorganickými materiály, jako např. malou hmotnost, lehkou obrobitelnost, antikorozivost, apod. V určitém stádiu výroby a nebo při zvýšené teplotě jsou plastické, a pak jsou možné tvarovat na potřebný tvar a rozměry. Rozsah jejich použití ohraničuje poměrně nízká pevnost a malá odolnost proti teplu.

2.2 VZNIK PLASTU

[3]

Podle způsobu výroby makromolekulární látky tyto látky dělíme na:

- vysokomolekulární látky vznikající **polymerací**
- vysokomolekulární látky vznikající **polyadicí**
- vysokomolekulární látky vznikající **polykondenzací**

Druh výroby plastu určené pro cívku na tuto formu je pomocí polymerace. Polymerace je chemická reakce, při níž vzniká řetězením jednotlivých molekul téže látky sloučenina makromolekulární, při procesu nevznikají vedlejší produkty. Látky vstupující do chemické reakce nazýváme monomery, látky vstupující polymery.

2.3 ZÁKLADNÍ TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ

[2] [3]

Plasty se můžou tvarovat různými technologiemi v závislosti od druhu materiálu a vyžadovaného tvaru výrobku.

Mezi základní postupy zpracování termoplastických polymerů patří:

- vytlačování (extruze)
- vyfukování
- kalandrování
- rotační natavování
- speciální technologie
- vstřikování (tento případ)

2.3.1 Vstřikování plastů

[3] [8]

V tomto případě se jedná o vstřikování do formy – Vstřikováním se vyrábějí takové výrobky, které mají buď charakter konečného výrobku a nebo jsou polotovary nebo díly pro další zkompletování samostatného celku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky.

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu se v ní stále doplňuje během cyklu. Výhody vstřikování jsou krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou, ale i konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu a montážních operací. Hlavní nevýhodou v porovnání s ostatními metodami zpracování plastů jsou vysoké investiční náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem.

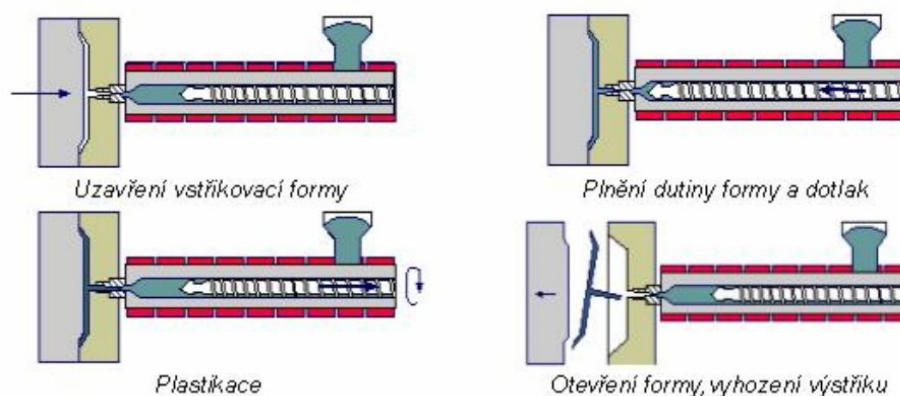
Postup vstřikování je následující: plast v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž je odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje, která hmotu dopravuje do tavicí komory, kde za současného účinku tření a topení plast taje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. Plast předává formě teplo a ochlazením ztuhne ve finální výrobek. Potom se forma otevře a výrobek je vyhozen a celý cyklus se opakuje.

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně specifikovaných úkonů. Jedná se o proces neizotermický, během něhož plast prochází teplotním cyklem. Při popisu vstřikovacího cyklu je nutno jednoznačně definovat jeho počátek. Za počátek cyklu lze považovat okamžik odpovídající impulsu k uzavření formy.

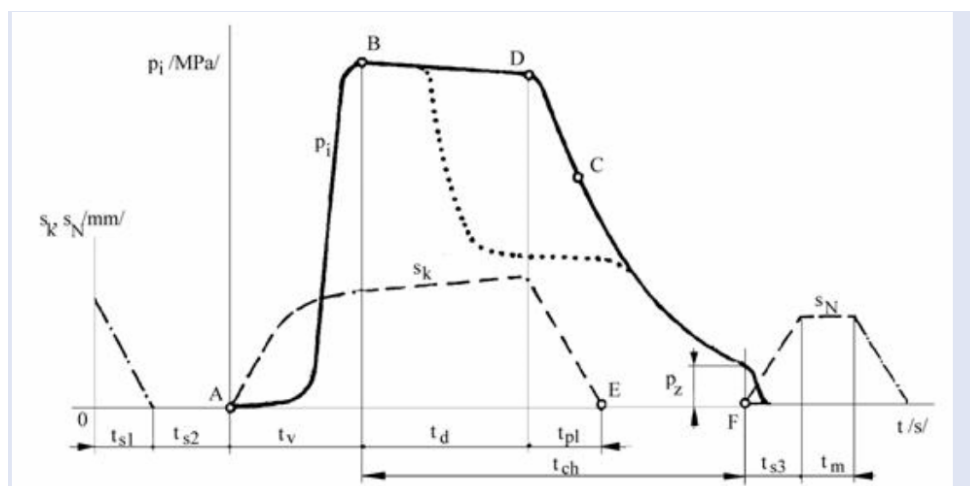
2.3.2 Vstřikovací cyklus

[8]

Vstřikovací cyklus však můžeme posuzovat i z hlediska zpracovávaného plastu a s výhodou jej vyjádřit jako závislost tlaku v dutině formy na čase. Tento tlak se nazývá vnitřní tlak a značí se p_i . Kromě vnitřního tlaku existuje i vnější tlak, označovaný p , kterým se myslí tlak vztažený na jednotku plochy průřezu šneku.



Obr.2.3.2.1: Vstřikovací cyklus



Obr.2.3.2.2: Průběh vnitřního tlaku v dutině formy během procesu vstřikování

Na počátku vstřikovacího cyklu je dutina formy prázdná a forma je otevřená. V nulovém čase dostane stroj impuls k zahájení vstřikovacího cyklu, pohyblivá část formy se přisune k pevné, forma se zavře a uzamkne – strojní časy. Tyto činnosti je nutné odlišit, protože na přisouvání formy se musí vynaložit jen malá přisouvající síla F_p , zatímco na uzamknutí je nutno vynaložit značně vyšší uzavírací sílu F_u (až třikrát vyšší), neboť musí být zaručeno, že se forma vlivem tlaku taveniny při vstřikování neotevře. Následuje pohyb šneku v tavicí komoře a začíná vlastní

vstřikování roztavené hmoty do dutiny vstřikovací formy. V této fázi šnek vykonává pouze axiální pohyb, neotáčí se a vlastně plní funkci pístu. Po naplnění formy je tavenina v dutině ještě stlačena a tlak dosáhne maximální hodnoty.

2.3.3 Popis jednotlivých časů vstřikovacího cyklu

[8]

Strojní doby na zavření formy t_{s1} a na otevření formy t_{s3} závisí na rychlosti pohybující se formy a na dráze, kterou musí forma urazit. Dráha otevření formy je dána rozměrem výstřiku ve směru otevírání formy a musí být tak velká, aby bylo možno výrobek z formy vyjmout, případně aby bylo dost prostoru pro činnost manipulátoru ve formě. Je snaha zkrátit strojní časy na minimum. Toho se dá dosáhnout zvýšením rychlosti pohybující se formy. U moderních strojů není tato rychlost po celé dráze stejná, nýbrž při zavírání se forma z počátku pohybuje velkou rychlostí, avšak těsně před dosednutím formy se rychlost sníží, aby obě části formy na sebe dosedly měkce a forma se nárazem nepoškodila. Podobně i při otevírání formy je nejprve její rychlost vysoká a před dojezdem formy na doraz se rychlost sníží, aby vyhození výrobku z formy probíhalo pomalu. Celková doba strojních časů t_{s1} , t_{s2} , t_{s3} nepřesahuje u strojů střední velikosti několik málo sekund. Kromě strojních časů, jež jsou součástí vstřikovacího cyklu, jsou další strojní doby překryty dobou chlazení.

1) Doba vstřikování

Doba plnění dutiny formy t_v je 1,2 sekundy, odvíjí se od rychlosti vstřikování, která závisí na technologických podmínkách, zejména na teplotě taveniny T_{tav} a na vstřikovacím tlaku p . Vliv však má i teplota formy, objem výstřiku a jeho geometrický tvar, dále řešení vtokové soustavy a druh plastu. Je však nutné si uvědomit, že k určité hodnotě vstřikovací rychlosti patří určitá hodnota vstřikovacího tlaku, nebo-li nelze nastavovat velkou vstřikovací rychlost při nízkém tlaku. Vysoká vstřikovací rychlost má příznivý vliv na orientaci makromolekul, ale je zde i nebezpečí přehřátí a degradace materiálu. Doba plnění má být co nejkratší, protože vstřikovaná tavenina se stykem s chlazenou formou ochlazuje a ztrácí tekutost, takže při dlouhé době by nezaplnila celou dutinu a vznikl by nedostříknutý zmetek. Proces plnění se musí řídit tak, aby tavenina nevtékala do formy volným tokem, ale aby materiál vtékal do formy postupně.

2) Doba dotlaku

Po naplnění tvarové dutiny formy následuje stlačování hmoty, kdy tlak prudce stoupne a rychlost náhle klesne. Pokud by tlak zůstal na původní hodnotě, došlo by ke vzniku tlakové špičky, ke zvětšení hmotnosti a rozměrů výstřiku a k vysokému namáhání formy, které by mohlo vést k pružnému prohnutí formy, tzv. dýchnutí. Aby se zamezilo těmto jevům je nutné v určité době snížit vstřikovací tlak, tzn. přepnout na dotlak. Je-li přepnutí opožděné stoupne tlak příliš vysoko a dojde k výše popsaným jevům. Při předčasném přepnutí dochází k opačným jevům a je zde až možnost nedostříknutého výrobku. K přepnutí na dotlak může dojít buď podle dráhy šneku, nebo podle vstřikovacího času, nebo podle tlaku ve formě a nebo podle tlaku v hydraulice. Doba dotlaku t_D je 3 sekundy pod tlakem 40 bar. Účelem je kompenzování smrštění během chladnutí, aby nevznikly propadliny a staženiny.

3) Doba plastikace

Doba plastikace t_P má trvání 1 sekundu. Je to čas potřebný k tomu, aby došlo k zplastikování dávky plastu a k jejímu rovnoměrnému zhomogenizování a umístění dávky před čelo šneku, tzv. polštáře. Velikost zplastikované dávky musí zabezpečit naplnění tvarové dutiny formy a vtokového systému, ale i kompenzovat změnu objemu, vyvolanou smrštěním. Je však nutné si uvědomit, že se posuvem šneku vzad snižuje účinná délka šneku, a proto musí být zpětný tlak zvyšován.

4) Doba chlazení

Doba chlazení t_{CH} je 11 sekund a představuje největší část cyklu. Závisí na určující tloušťce stěny výstřiku, na druhu plastu, teplotě taveniny, teplotě formy a na teplotě výstřiku v okamžiku vyjímání z formy. Je snaha ji zkrátit na minimum účinným chlazením formy, zejména těch míst, v nichž hmota chladne nejpomaleji. Fáze chladnutí ovlivňuje nejenom strukturu, tj. orientaci, krystalizaci a vnitřní pnutí, ale také kvalitu povrchu, zejména lesk.

2.3.4 Faktory ovlivňující vlastnosti a kvalitu vstřiku

[2] [8]

O mechanických a fyzikálních vlastnostech výstřiku, a o jeho kvalitě rozhoduje druh plastu, technologické parametry, konstrukce formy a volba stroje. Jednotlivé parametry nepůsobí samostatně, ale vždy se ovlivňují navzájem.

Z hlediska volby druhu plastu má na vlastnosti výstřiku vliv:

- rychlost plastikace polymeru, která by měla být co nejkratší,
- tekutost (reologické vlastnosti) plastu, která má být dostatečná a nesmí se měnit s teplotou příliš rychle a která je ovlivňována technologickými parametry,
- dostatečná tepelná stabilita plastu v rozsahu zpracovatelských teplot, která by měla být co nejširší,
- uvolňování těkavých látek,
- velikost vnitřního pnutí, které má být co nejnižší,
- smrštění plastu v jednotlivých směrech na výrobku, které je ovlivněno technologickými podmínkami.

Z technologických parametrů, které se mezi sebou výrazně ovlivňují, má na vlastnosti výstřiku a jednotlivé fáze vstřikování největší vliv:

- vstřikovací tlak (ovlivňuje rychlost plnění, uzavírací sílu, vnitřní pnutí, smrštění, orientaci – tj. narovnávání makromolekul do směru toku, atd.),
- teplota taveniny (konkrétní teplota závisí na druhu plastu a ovlivňuje tekutost plastu, vstřikovací tlak, dobu chlazení a tedy dobu cyklu, smrštění, tlakové ztráty, dotlak, atd.)
- teplota formy (konkrétní teplota závisí na druhu plastu a na charakteru výrobku, ovlivňuje tekutost plastu, rychlost plnění, dobu chlazení, lesk výrobku, povrch výrobku, teplotu taveniny, dotlak, vnitřní pnutí, smrštění, atd. – z technologického hlediska má být co nejvyšší)
- rychlost plnění dutiny formy má být co nejvyšší, je však nutné kontrolovat teplotu taveniny, aby nedošlo k degradaci hmoty, nevýhodou je i vysoká orientace makromolekul,
- výše a doba trvání dotlaku (ovlivňuje hlavně rozměry výrobku, smrštění a vnitřní pnutí).

2.3.5 Vstřikovací stroje

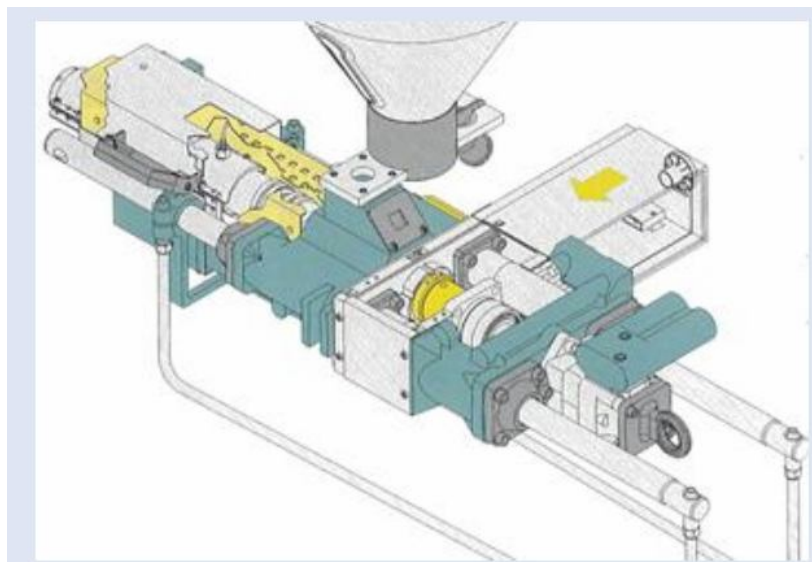
[8]

Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací formy je však značně vysoká. Technologie je proto vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu.

Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a z řízení a regulace.

1) Vstřikovací jednotka

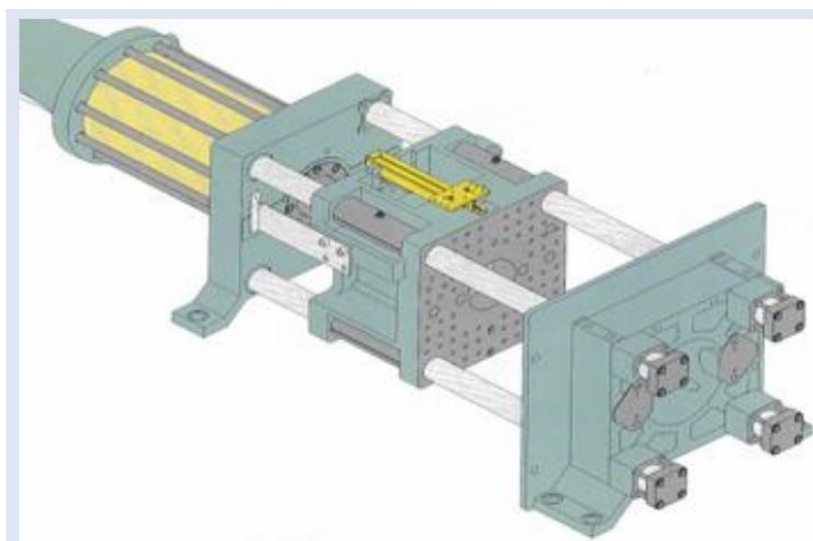
Plní dva hlavní úkoly: přeměňuje granulát plastu na homogenní taveninu o dané viskozitě, vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy pomocí tavicí komory. Tavicí komora je zakončena vstřikovací tryskou. Trysky se konstruují buď jako otevřené (vysoce viskózní materiály) s otvorem o průměru 3 až 8 mm, nebo jako uzavíratelné, které se otevřou pouze při dosedu vstřikovací jednotky na formu. Tryska zajišťuje spojení mezi komorou a formou, protože přivádí taveninu do vtokových kanálů ve formě.



Obr.2.3.5.1: Schéma vstřikovací jednotky

2) Uzavírací jednotka

Úkolem uzavírací jednotky je zavírat a otevírat formu dle procesu vstřikování a zajistit uzavření formy takovou silou, aby se při vstříknutí tlakem taveniny forma neotevřela. Při činnosti formy je nutno rozlišovat sílu přisouvající, a sílu uzavírací. Současné moderní stroje mají programovatelnou rychlost a sílu uzavírání vstřikovací formy.



Obr. 2.3.5.2 – Schéma uzavírací jednotky

2.3.6 Vstřikovací forma

[2] [8]

Forma pro zpracování musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat výrobky o přesných rozměrech, musí umožnit snadné vyjmutí výrobku a musí pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Jejich konstrukce a výroba je náročná na odborné znalosti, ale i na finanční náklady.

Tato forma patří do následujících skupin:

- podle násobnosti - vícenásobné
- podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení - čelistové
- podle konstrukce vstřikovacího stroje na formy - se vstřikem do dělicí roviny.

Vstřikovací forma se skládá z dílů, vymezujících tvarovou dutinu formy, z chladicího systému, z vtokového systému, z vyhazovacího systému a z upínacích a vodicích elementů. Jednotlivé části vstřikovacích forem lze rozdělit do dvou skupin na části konstrukční a na části funkční. Konstrukční části zabezpečují správnou činnost nástroje a funkční části se stýkají s tvářeným materiálem a udělují mu požadovaný tvar.

Kvalitu a jakost výstřiku spolu s produktivitou výroby nejvíce ovlivňuje vtokový systém, což je systém kanálů a ústí vtoku, který musí zajišťovat správné naplnění dutiny formy, snadné odtržení nebo oddělení od výstřiku a snadné vyhození vtokového zbytku. Vtoková soustava byla navržena podle počtu tvarových dutin, podle jejich rozmístění a podle toho, že bude konstruována jako horký rozvod. Konstrukční řešení vtokového systému závisí na konkrétním tvaru výstřiku. Vtok byl řešen tak, aby tavenina naplnila formu nejkratší cestou bez velkých teplotních a tlakových ztrát, co nejrychleji. U tohoto typu vícenásobné vstřikovací formy je nejdůležitějším požadavkem, aby všechny tvarové dutiny byly plněny současně a při stejných technologických podmínkách, což znamená při stejné teplotě taveniny a při stejném vnitřním tlaku. Při vstřikování má typ a umístění vtoku podstatný vliv na proudění taveniny ve formě vytváření tzv. studených spojů, orientaci makromolekul a plniva, rovnoměrnost krystalizace, povrchový vzhled apod.

Protože je vstřikovací forma vícenásobná, tak umístění tvarových dutin je navrženo v řadě. Kdyby bylo více výrobků byla by zvolena varianta do hvězdy.

Pro zajištění opakovatelnosti výroby musí hmota v dutině formy zchladnout z technologického a ekonomického hlediska co nejrychleji a proto vstřikovací formy obsahují temperační systém. Temperačním systémem se rozumí systém kanálů a dutin, umožňujících přestup a prostup tepla z taveniny do formy a temperovací kapaliny. Teplota formy se udržuje na požadované výši pomocí chladicího média, které protéká soustavou chladicích kanálů. S ohledem na vlastnosti výrobku by bylo žádoucí, aby se hmota ochlazovala ve všech místech stejnou rychlostí. Důsledky nerovnoměrného ochlazování se projevují např. tím, že výrobek obsahuje vnitřní pnutí nebo se deformuje a nebo vzniknou trhliny. Rozmístění temperačních kanálů a jejich rozměry byly navrhovány s přihlédnutím k celkovému řešení formy, např. umístění vtokové soustavy, vyhazovacího systému, tvarových vložek a jiných dílů, ale i k požadavku na těsnost temperačního okruhu. Průřez kanálů byl zvolen kruhový o průměru 8mm.

Další částí formy jsou vyhazovače, protože výrobky se při ochlazování smršťují a zůstávají na tvarových součástech formy je zapotřebí je tzv. odlepit od čelistí. Vyhazovací síly a jejich výpočet se odvozuje od měrných tlaků mezi formou a výstřikem, kdy síla na vyhození bude záviset na pružnosti tvárníku a tvárnice, na průběhu tlaků a teplot během vstřikování, na rozměrech výstřiku a na teplotní závislosti koeficientu tření mezi oběma plochami.

Odvzdušnění tvarové dutiny u této formy není nutný. Vlivem vysokého tlaku uvnitř formy a menší velikostí výrobku je přebytečný vzduch stlačen do minimálních rozměrů a je zanedbatelný. Prakticky nemá vliv na tvar výrobku.

2.4 VLASTNOSTI PLASTOVÝCH VÝROBKŮ

[3] [4]

Jsou závislé na:

- jednotlivých vlastnostech všech druhů plastů ve směsi
- na vzájemné reaktivnosti jednotlivých druhů plastů
- na čistotě, homogenitě, plastifikaci a vlhkosti směsi
- na technologii zpracování
- na druhu a množství přídatných materiálů – plniv, pojiv, výztuh

Vlastnosti plastových výrobků jsou různé podle způsobu použití jsou to:

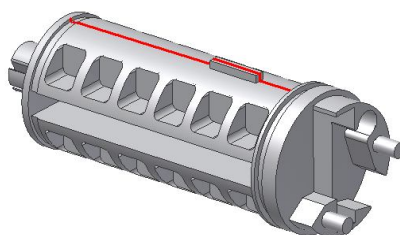
- Termodynamické vlastnosti plastických hmot (hustota, teplotní roztažnost, tepelná vodivost)
- Dielektrické vlastnosti
- Elektroizolační vlastnosti
- Mechanické vlastnosti polymerních materiálů
- Chemické vlastnosti polymerních materiálů a jejich odolnost
- Odolnost proti tepelnému a světelnému záření

Materiál využívající se do této formy je od firmy DuPontTM s.r.o. typ Zytel ST801 – bílý. Vlastnosti tohoto materiálu jsou podrobně rozepsány v příloze (č.2) této práce. V příloze tak můžeme zjistit vlastnosti hořlavosti, mechanické, tepelné, elektrické, zpracování a další.

2.5 DĚLÍCÍ ROVINA TVAROVACÍCH NÁSTROJŮ

[2]

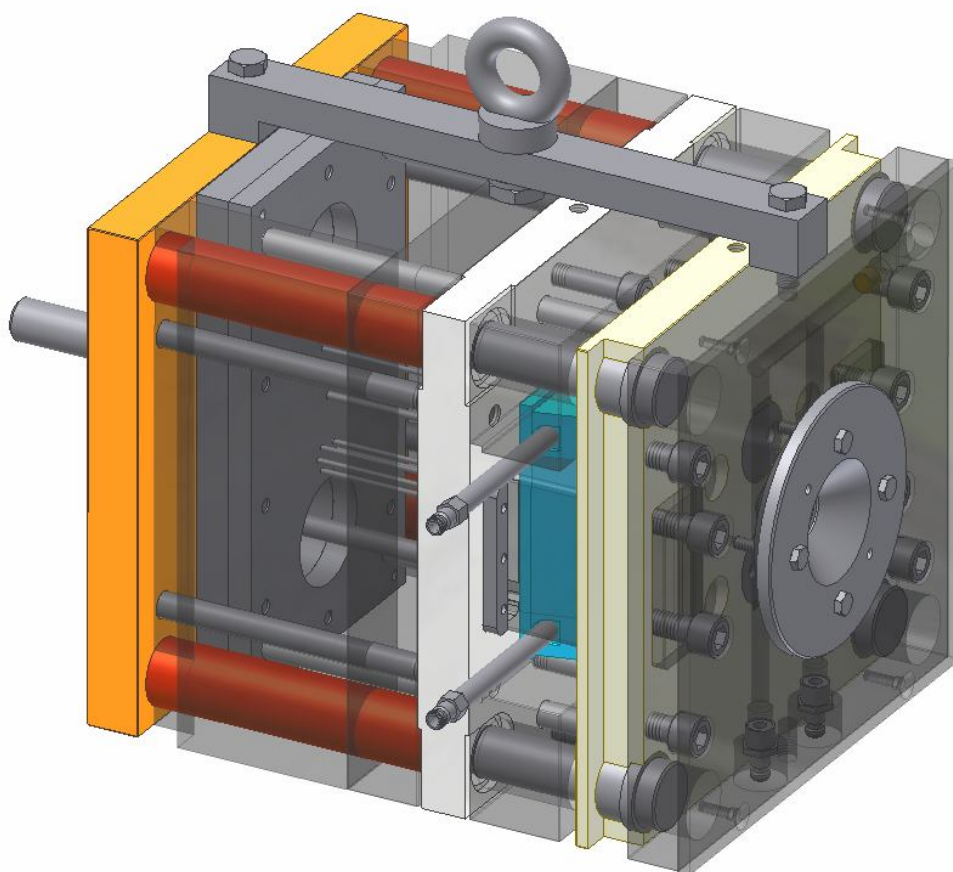
Jak se do tvarovací dutiny vkládá větší množství plastu, při tvarování v ostatní fázi vyteče do výronku. Po vybrání výtvarku se výronek odstraní, ale po výronku zůstane stopa. Dělicí rovina tvarovacího nástroje byla určena do místa největšího průřezu výtvarku.



Obr.2.5.1: Dělicí rovina na cívce

3. VÝPOČET NOSNÍKU NA OHYB

Při přenášení formy se využívá nosníku, který je přišroubován ke dvěma krajním deskám (obr.3.1). Tento nosník slouží pouze pro přenos, takže je nezbytně nutné ho po přepravě odšroubovat. Při tomto přenosu vzniká v místě zdvihacího šroubu ohyb. Materiál byl zvolen - konstrukční ocel 11600.1.



Obr.3.1: Složená forma s nosníkem

3.1 ANALYTICKÝ VÝPOČET

[1] [5]

Provozní síla

$$F = m \cdot g = 112 \cdot 9,81 = 1098,7N \quad (3.1)$$

Ohybový moment

$$M_o = F / 2 \cdot l / 2 = \frac{F \cdot l}{4} = \frac{1098,7 \cdot 274}{4} = 75261Nmm \quad (3.2)$$

Průřezový modul v ohybu

$$W_o = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{26 \cdot 17^2}{6} = 1252,3 \quad (3.3)$$

Ohybové napětí

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{75261}{1252,3} = 60,1MPa \quad (3.4)$$

$$\sigma_o \leq \sigma_{D,o} \quad (3.5)$$

$$60,1 \leq 170 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Bezpečnost

$$k = \frac{\sigma_{D,o}}{\sigma_o} = \frac{170}{60,1} = 2,83 \quad (3.6)$$

Kvadratický moment

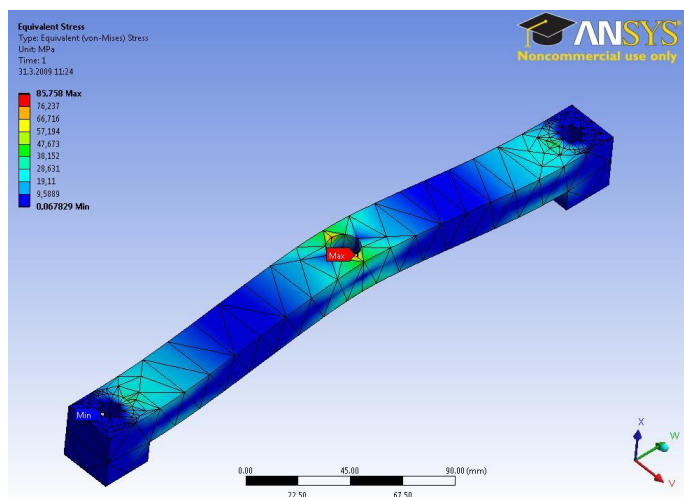
$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{26 \cdot 17^3}{12} = 10644,8 \quad (3.7)$$

Průhyb

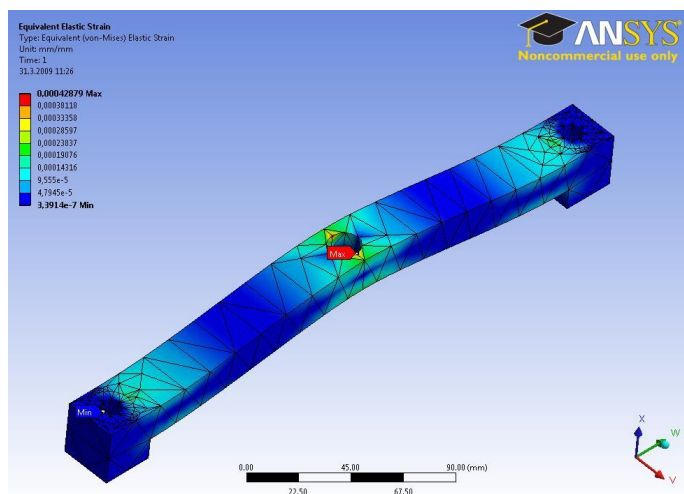
$$y = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{1098,7 \cdot 274^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10644,8} = 0,21mm \quad (3.8)$$

3.2 VÝPOČET METODOU MKP

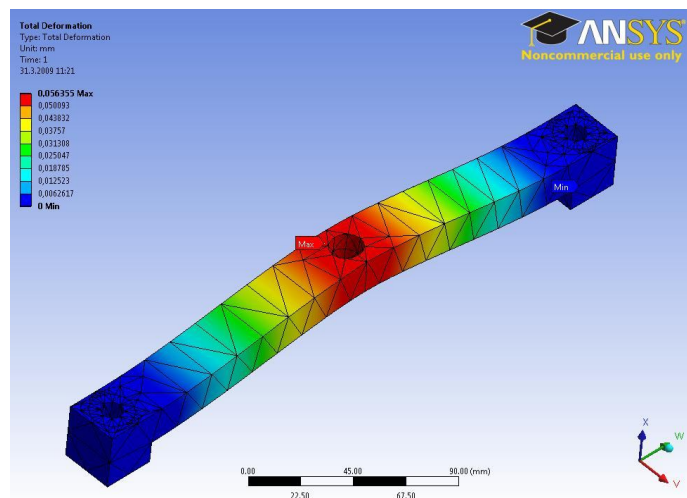
Tento výpočet byl proveden v softwaru ANSYS WORKBENCH. Největší koncentrace napětí byla vyhodnocena na hraně prostřední díry z horní strany, kde se materiál ohýbá a má tendenci vytvořit trhlinu.



Obr.3.2.1: Maximální napětí (equivalent stress) = 85,758Mpa



Obr.3.2.2: Ohybové napětí (equivalen elastic strain) = 0,00042879 mm/mm



Obr.3.2.3: Maximální průhyb (total deformation) = 0,056355 mm

kde:

- $m = 112 \text{ kg}$ – Hmotnost formy
- $g = 9,81 [-]$ gravitační zrychlení
- $l = 274 \text{ mm}$ – vzdálenost mezi podpěrami
- $b = 26 \text{ mm}$ – šířka nosníku
- $h = 17 \text{ mm}$ – výška nosníku
- $\sigma_{D,O} = 170 \text{ MPa}$ – dovolené napětí v ohybu. Byla zvolena nejmenší hodnota pro statické zatížení dle tabulky – materiál 11600.1 (170-250MPa).
- $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ – modul pružnosti v tahu

4. KONTROLA ZDVIHACÍHO ŠROUBU

Tento zdvihací šroub s okem je umístěn uprostřed nosníku. Je nutné vypočítat jeho statickou kontrolu. Šroub byl navržen dle tabulky v katalogu firmou Hasco Z710 - M16x1 s třídou pevností 8.8. [6]



Obr.4.1: Šroub Z710 – M16x1

Tahové napětí

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi \cdot \left(\frac{d_3}{2}\right)^2} = \frac{1098,7}{\pi \cdot \left(\frac{14,773}{2}\right)^2} = 6,41 \text{ MPa} \quad (4.1)$$

Napětí v krutu

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K} = \frac{F_z \cdot \frac{d_2}{2}}{W_K} = \frac{F \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi) \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{16}} = \frac{1098,7 \cdot \operatorname{tg}(1,188 + 17,62) \cdot \frac{15,35}{2}}{\frac{\pi \cdot 14,773^2}{16}} = 67 \text{ MPa} \quad (4.2)$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \operatorname{arctg} \frac{1}{\pi \cdot 15,35} = 1,188 \quad (4.3)$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \operatorname{arctg} \frac{0,275}{\cos \frac{60^\circ}{2}} = 17,62 \quad (4.4)$$

Redukované napětí podle metody GUEST

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau_K^2} = \sqrt{6,41^2 + 4 \cdot 67^2} = 134,1 MPa \quad (4.5)$$

Mez kluzu v tahu

$$Re = 8 \cdot 8 \cdot 10 = 640 MPa \quad (4.6)$$

Bezpečnost

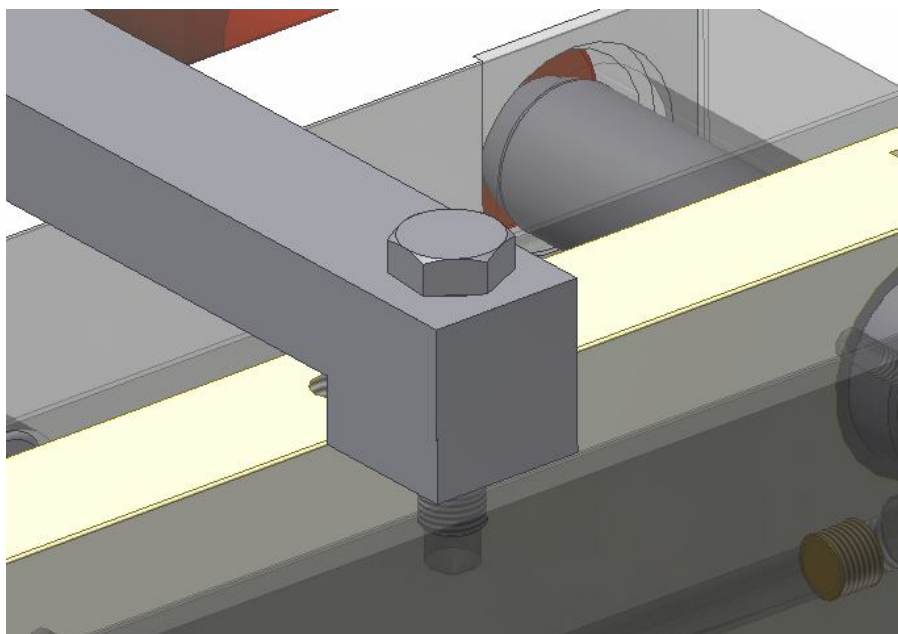
$$k = \frac{Re}{\sigma_{RED}} = \frac{640}{134,1} = 4,77 \quad (4.7)$$

kde:

- $P = 1$ [-] rozteč
- $d_2 = 15,35$ mm – roztečný průměr
- $d_3 = 14,773$ mm – nejmenší průměr závitu
- $\alpha = 60^\circ$ - úhel metrického závitu
- $f_z = 0,275$ [-] tření v závitu

5. KONTROLA BOČNÍCH ŠROUBŮ

Tyto dva boční šrouby jsou spojeny z jedné strany k upínací desce V a upínací desce T ze strany druhé. Pro tento typ zatížení byli zachováni standardní šrouby M10x1 s třídou pevností 4.6. Díry na tyto šrouby se pak využívají ke spojení formy se strojem. Byla počítána kontrola těchto šroubů.



Obr.5.1: Detail šroubového spoje

Tahové napětí

$$\sigma_t = \frac{\frac{F}{2}}{S} = \frac{\frac{F}{2}}{\pi \cdot \left(\frac{d_3}{2}\right)^2} = \frac{\frac{1098,7}{2}}{\pi \cdot \left(\frac{8,773}{2}\right)^2} = 9,088 \text{ MPa} \quad (5.1)$$

Napětí v krutu

$$\tau_k = \frac{M_K}{W_K} = \frac{F_z \cdot \frac{d_2}{2}}{W_K} = \frac{\frac{F}{2} \cdot \text{tg}(\psi + \varphi) \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{16}} = \frac{549,36 \cdot \text{tg}(1,949 + 13) \cdot \frac{9,35}{2}}{\frac{\pi \cdot 8,773^2}{16}} = 45,3 \text{ MPa} \quad (5.2)$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \operatorname{arctg} \frac{1}{\pi \cdot 9,35} = 1,949 \quad (5.3)$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \operatorname{arctg} \frac{0,2}{\cos \frac{60^\circ}{2}} = 13 \quad (5.4)$$

Redukované napětí podle metody GUEST

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau_K^2} = \sqrt{9,088^2 + 4 \cdot 45,3^2} = 91,05 MPa \quad (5.5)$$

Mez kluzu v tahu

$$Re = 4 \cdot 6 \cdot 10 = 240 MPa \quad (5.6)$$

Bezpečnost

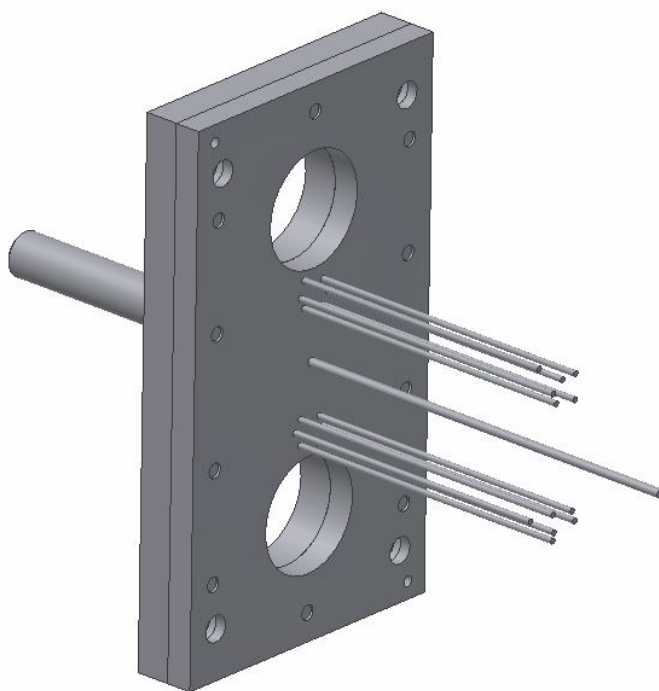
$$k = \frac{Re}{\sigma_{RED}} = \frac{240}{91,05} = 2,64 \quad (5.7)$$

kde:

- $P = 1$ [-] rozteč
- $d_2 = 9,35$ mm – roztečný průměr
- $d_3 = 8,773$ mm – nejmenší průměr závitu
- $\alpha = 60^\circ$ - úhel metrického závitu
- $f_z = 0,2$ [-] tření v závitu

6. VÝPOČET VYHAZOVAČŮ NA VZPĚR

Při vytlačování výrobku jsou použity vyhazovače (dále jen prvky) umístěné v kotevní desce. Jsou tři druhy těchto prvků. V prvním druhu je osm prvků, ve druhém čtyři a jeden hlavní uprostřed.



Obr.6.1: Vyhazovací část formy

Štíhlost

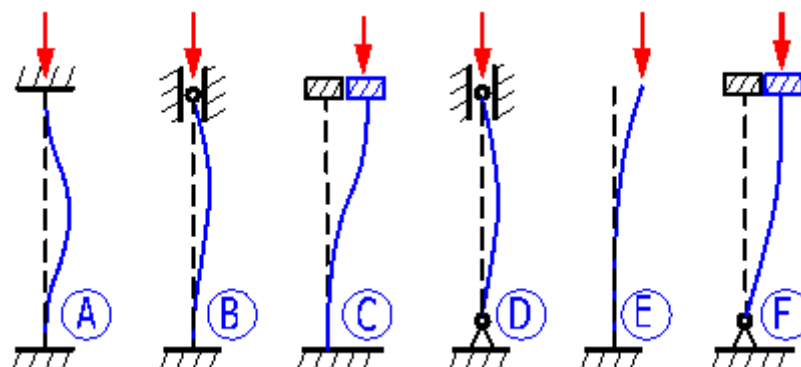
$$\lambda_1 = \frac{4 \cdot \mu \cdot l}{d_3} = \frac{4 \cdot 1 \cdot 147,5}{2,7} = 218,5 \quad (6.1)$$

$$\lambda_2 = \frac{4 \cdot \mu \cdot l}{d_3} = \frac{4 \cdot 1 \cdot 138}{2,7} = 204,4 \quad (6.2)$$

$$\lambda_3 = \frac{4 \cdot \mu \cdot l}{d_3} = \frac{4 \cdot 1 \cdot 198,8}{4} = 198,8 \quad (6.3)$$

Protože $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \geq 90$, budu počítat vzpěrnou bezpečnost podle Eulera.

Pro dané uložení prutu byl zvolen dle obr.6.2. typ B. Dle tabulky 6.1 byl pak vybrán teoretický koeficient. [9]



Obr.6.2: Typy uložení

Označení	Uložení prutu	Koef.(teoret)	Koef.(prakt)
A	Vetknutí - Vetknutí	0.50	0.65
B	Vetknutí - Podpora	0.70	0.80
C	Vetknutí - Kolmé vedení	1.00	1.20
D	Podpora - Podpora	1.00	1.00
E	Vetknutí - Volný konec	2.00	2.10
F	Podpora - Kolmé vedení	2.00	2.00

Tab.6.1: Hodnoty koeficientu podle typu uložení

Kritická síla

$$F_{KR,1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(\mu \cdot l_1)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot d_{p1}^4}{64}}{(0,7 \cdot 147,5)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 2,7^4}{64}}{(0,7 \cdot 147,5)^2} = 507,2 N \quad (6.4)$$

$$F_{KR,2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(\mu \cdot l_2)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot d_{p2}^4}{64}}{(0,7 \cdot 138)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 2,7^4}{64}}{(0,7 \cdot 138)^2} = 579,4 N \quad (6.5)$$

$$F_{KR,3} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(\mu \cdot l_3)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot d_{p3}^4}{64}}{(0,7 \cdot 198,8)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 4^4}{64}}{(0,7 \cdot 198,8)^2} = 1344,9 N \quad (6.6)$$

Plocha

$$S = (8 + 4) \cdot \pi \cdot r_1^2 + \pi \cdot r_2^2 = 12 \cdot \pi \cdot 1,35^2 + \pi \cdot 2^2 = 81,3 \text{ mm}^2 \quad (6.7)$$

Celková síla

$$p = \frac{F_C}{S} \Rightarrow F_C = p \cdot S = 1,5 \cdot 81,3 = 122 \text{ N} \quad (6.8)$$

Síla na jeden prvek

$$F = \frac{F_C}{i} = \frac{122}{13} = 9,4 \text{ N} \quad (6.9)$$

Vzpěr

$$k_{E,1} = \frac{F_{KR}}{F} = \frac{507,2}{9,4} = 54 \quad (6.10)$$

$$k_{E,2} = \frac{F_{KR}}{F} = \frac{579,4}{9,4} = 61,6 \quad (6.11)$$

$$k_{E,3} = \frac{F_{KR}}{F} = \frac{1344,9}{9,4} = 143 \quad (6.12)$$

Vypočítaná vzpěrová bezpečnost je dostatečně dimenzovaná.

kde:

- $\mu = 1$ [-] – součinitel pro tento případ
- $d_{p1} = 2,7$ mm – průměr prvního prvku
- $d_{p2} = 2,7$ mm – průměr druhého prvku
- $d_{p3} = 4$ mm – průměr třetího prvku
- $l_1 = 147,5$ mm – délka prvního prvku
- $l_2 = 138$ mm – délka prvního prvku
- $l_3 = 198,8$ mm – délka prvního prvku
- $E = 2,1 \cdot 10^5$ Pa – modul pružnosti v tahu
- $p = 1,5$ Mpa – celkový tlak k vytažení výrobku (zjištěna firmou)
- $i = 13$ [-] – počet vyhazovačů

7. CHLAZENÍ FORMY

Na základě měření předchozí formy byla zjištěna teplota vody na výstupu (90°C) a objem vody potřebné na jeden cyklus (20 dm³). Vstupní teploty vody je 12°C.

7.1 VÝPOČET ODEBRANÉ TEPELNÉ ENERGIE ZA JEDEN CYKLUS

Hmotnost vody

$$m = V \cdot \rho = 20 \cdot 9,81 = 19,62 \text{ kg} \quad (7.1.1)$$

Tepelná energie

[10]

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 19,62 \cdot 4180 \cdot (363,15 - 285,15) = 6396904,8 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad (7.1.2)$$

$$Q = 6396,9 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

kde:

- $V = 20 \text{ dm}^3$ - objem vody
- $c = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ - měrná tepelná kapacita vody
- $\Delta T = T_2 - T_1 [\text{K}^{-1}]$ - rozdíl teplot koncové od počáteční

7.2 RYCHLOST CHLADÍCÍ KAPALINY

Objemový průtok

$$Q_V = \frac{V}{t_t} = \frac{20}{16,2} = 1,23 \text{ dm}^3 / \text{s} \quad (7.2.1)$$

Rychlost

$$Q_V = v \cdot S \Rightarrow v = \frac{Q_V}{S} = \frac{1,23}{6 \cdot \pi \cdot r^2} = \frac{0,00123}{6 \cdot \pi \cdot 0,004^2} = 4,078 \text{ m/s} \quad (7.2.2)$$

Přepočet

$$v_{\text{km/h}} = v_{\text{m/s}} \cdot 3,6 = 4,078 \cdot 3,6 = 14,68 \text{ km/h} \quad (7.2.3)$$

kde:

- $t_t = 16,2$ sekund – doba toku vody
- $r = 4 \text{ mm}$ – poloměr díry pro chlazení

7.3 CENOVÉ NÁKLADY NA CHLAZENÍ

Informačně byly zjištěny náklady bez uzavřeného okruhu.

Celkový čas

$$t_1 = t_V + t_D + t_P + t_{CH} = 1,2 + 3 + 1 + 11 = 16,2 \text{ sekund} \quad (7.3.1)$$

$$t_C = t_1 + t_2 = 16,2 + 12 = 28,2 \text{ sekund} \quad (7.3.2)$$

Počet možných cyklů za hodinu práce

$$i_{c/hod.} = \frac{t_{hod.}}{t_c} = \frac{3600}{28,2} = 127,66 \cong 127 \quad (7.3.3)$$

Náklady za hodinu práce

$$N = i_c \cdot V \cdot c_v = 127 \cdot 0,02 \cdot 45,24 = 115 \text{ Kč} \quad (7.3.4)$$

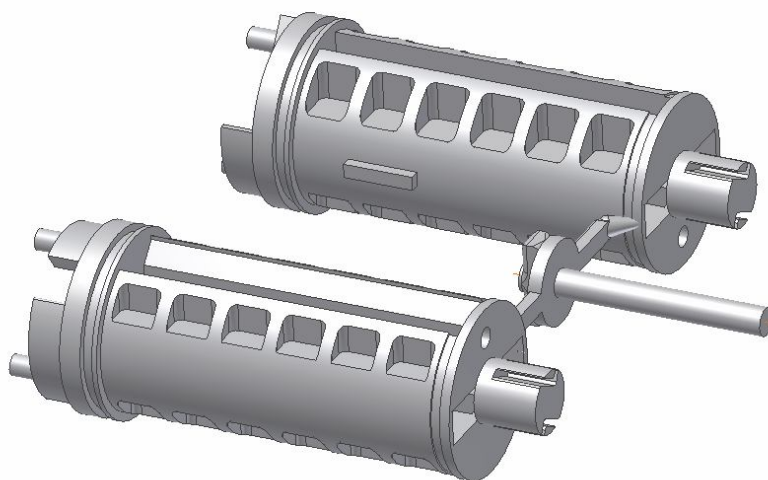
V praxi se tento stav nepraktikuje z důvodů nadměrného plýtvání penězi. Firma, která by využívala pár takovýchto forem by poháněla čerpadlem tok vody do chladicího agregátu a zpátky. Při vyšším počtu už by musela být využita chladicí věž.

kde:

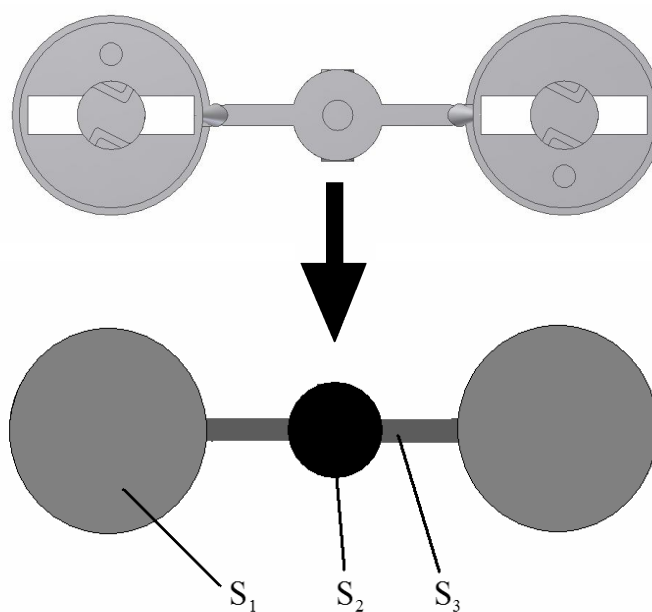
- $t_2 = 12$ sekund – doba vyhození výrobku a složení do počáteční polohy
- $t_V = 1,2$ sekund – doba vstřikování
- $t_D = 3$ sekundy – doba dotlaku
- $t_P = 1$ sekunda – doba plastikace
- $t_{CH} = 11$ sekund – doba chlazení
- $c_v = 45,24$ Kč/m³ – cena vody včetně DPH pro rok 2009 [7]

8. KONTROLA PŘÍTLAČNÉ SÍLY

Celková plocha S je složena ze tří ploch. Tato plocha je v rovině, kde tekoucí materiál vytváří tlak na rám tvárnic. Zavírací síla je vyvolaná hydraulikou ve stroji která je pevně připevněna k pohyblivé části formy.



Obr.8.1: Sestava dvou cívek a výronku



Obr.8.2: Pohled zprava na sestavu výrobku

Výpočet plochy

$$S_1 = \pi \cdot r_1^2 = \pi \cdot 12,15^2 = 463,77 \text{ mm}^2 \quad (8.1)$$

$$S_2 = \pi \cdot r_2^2 = \pi \cdot 6^2 = 113 \text{ mm}^2 \quad (8.2)$$

$$S_3 = a \cdot b_v = 2,7 \cdot 11,85 = 32 \text{ mm}^2 \quad (8.3)$$

$$S = 2 \cdot S_1 + S_2 + 2 \cdot S_3 = 2 \cdot 463,77 + 113 + 2 \cdot 32 = 1104,6 \text{ mm}^2 \quad (8.4)$$

Síla vyvolaná tlakem vstřikujícího materiálu

$$p_v = \frac{F}{S} \Rightarrow F = p_v \cdot S = 19 \cdot 1104,6 = 20987,4 \text{ N} = 21 \text{ kN} \quad (8.5)$$

Kontrola přitlačné síly

$$k = \frac{F_z}{F} = \frac{600}{21} = 28,57 \quad (8.6)$$

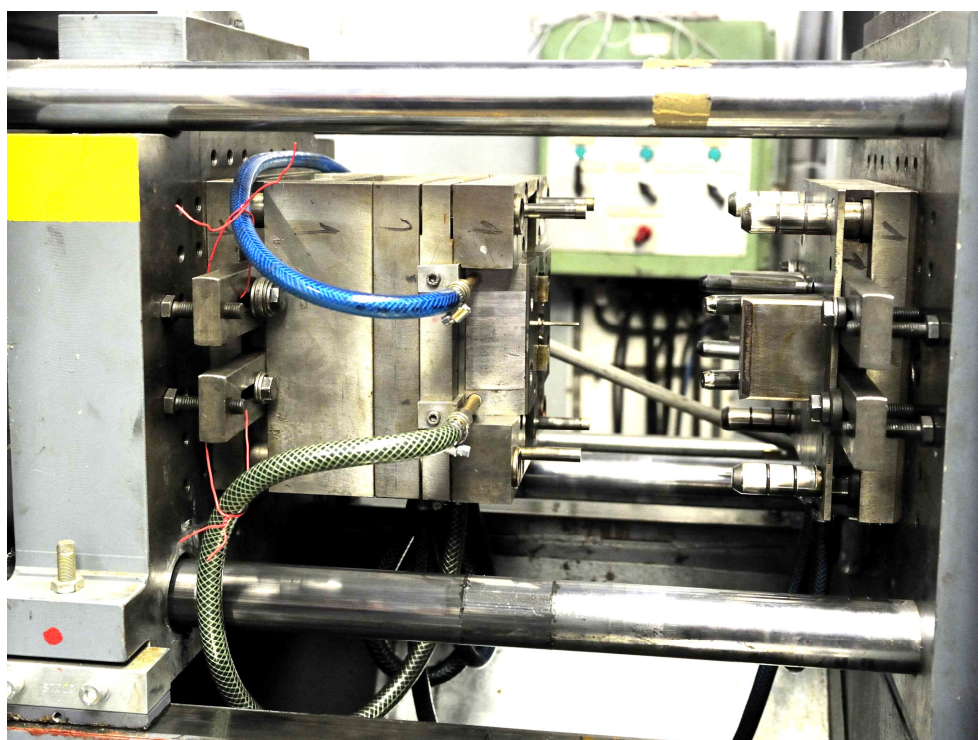
kde:

- $F_z = 600 \text{ kN}$ – zavírací síla při zavření formy (zjištěno firmou)
- $r_1 = 12,15 \text{ mm}$ – poloměr cívky
- $r_2 = 6 \text{ mm}$ – poloměr výronku
- $a = 2,7 \text{ mm}$ – výška výronku
- $b_v = 11,85 \text{ mm}$ – vzdálenost mezi výronkem a cívkou
- $p_v = 19 \text{ Mpa}$ – tlak vstřikovacího stroje

9. ZÁVĚR

Nejzajímavější a časově nejnáročnější částí bakalářské práce, bylo modelování celé vstřikovací formy v softwarovém programu AUTODESK INVENTOR. Během modelování docházelo ke komplikacím a nestabilitě programu způsobené neznámou příčinou. Nakonec vše bylo úspěšně dokončeno. Velmi pozitivní byly výsledky bezpečností vyhadzovacích prvků, které dosahovali desítkových hodnot. Kladně bych hodnotil také kontrolu přítlačné síly. Nejvýhodnější varianta chlazení formy by byla v uzavřeném okruhu poháněné čerpadlem jdoucí přes chladicí agregát. Tato varianta by byla vhodná pro použití více strojů (přibližně do pěti). Při vyšším počtu strojů potřebného ke chlazení, už by bylo zapotřebí využít chladících věží.

Vypracováním bakalářské práce bylo pro mne přínosné nejenom z teoretického, ale i praktického hlediska. Pochopil jsem detailně procesy průběhů výroby a náročnost těchto strojů. Doufám, že v budoucí kariéře bych mohl uplatnit znalosti v této části konstrukce.



Obr.9.1: Detail rozevřené formy

10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [2] SKARBIŇSKI, M., SKARBIŇSKI, J., *Technologickosť konštrukcie strojov*. 1. vyd Bratislava: Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1982, 492 s.
- [3] TOMAJOVÁ, Helena. *Analýza výroby tvářecích norem pro vstřikování plastů v podmínkách RONAS s.r.o.* Bakalářská práce: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007.
- [4] PONČA, Viktor. *Zvýšení mechanických vlastností navržených výrobků ze směsných odpadních plastů a enviromentální aspekty nakládání s plastovým odpadem*. Disertační práce: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006.
- [5] LEINVEBER, J., ŘASA J., VÁVRA P., *Strojnické tabulky*. Scientia, spol. s.r.o., Praha, 2000, 911 s. ISNB 80-7183-164-6
- [6] URL <<http://www.hasco.com/>> [cit 2009-2-7]
- [7] URL <<http://www.tepvos.cz/?p=vcenyvody>> [cit 2009-4-10]
- [8] URL <<http://www.ksp.tul.cz>> [cit 2009-3-22]
- [9] URL <<http://www.mitcalc.com/doc/buckling/help/cz/bucklingtxt.htm>> [cit 2009-4-9]
- [10] URL <http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1_energie> [cit 2009-4-11]

11. PŘÍLOHY

Seznam příloh

Příloha

- č.1 Zadání – Konstrukční návrh cívky
- č.2 Tabulka materiálu – Zytel ST801, firma DuPontTM
- č.3 Sestavný výkres – Forma na cívku, sb3kss-BP-S
- č.4 Výrobní výkres – Rám tvárnic, sb3kss-BP-13